

**Jozef VISKUP<sup>1</sup>**

**POSÚDENIE SEIZMICKÉHO OHROZENIA VODNEJ NÁDRŽE JABLONICA**

**EVALUATION OF SEISMIC HAZARD OF WATER DAM JABLONICA**

**Abstrakt**

Vodní nádrž Jablonica se nachází v blízkosti zemětřesné oblasti u Dobré Vody. Účelem těchto výpočtů je přehodnocení seizmické bezpečnosti této vodní nádrže podle nyní platné slovenské normy STN 73 0036 a srovnání výsledků se seizmickými návrhovými parametry použitými při stavbě.

**Abstract**

Water dam Jablonica is situated near the earthquake foci in Dobrá Voda. The purpose of this computations is to re-evaluate the seismic safety of this water dam according to at present valid Slovak standard STN 73 0036 and to compare it with the seismic design parameters during construction.

**Úvod**

V rámci výskumnej úlohy 4/4041/07 bolo treba posúdiť seizmické ohrozenie Vodnej nádrže Jablonica.

Vodní nádrž Jablonica (Obr.1) sa nachádza v Malých Karpátach v blízkosti obce Jablonica, ktorá sa nachádza pri Senici nad Myjavou a Brezovej pod Bradlom. Postavená bola v r.1976 a slúži na poľnohospodárske účely (na zavlažovanie) a chov rýb. Koruna hrádze má geografické súradnice 48.597841°N, 17.445388°E, kóta koruny hrádze sa nachádza v nadmorskej výške 241.5 m n. m., kóta maximálneho vzdutia je 239,9 m n. m., maximálna výška hrádze je 11m, dĺžka hrádze je 165.00 m, maximálna šírka nádrže je 180 m, maximálna dĺžka nádrže je 520 m, kóta terénu je 230 m. n. m. jej výška je hrádza má rozlohu 8 ha.

**Seizmicita záujmovej oblasti**

***Geologické pomery***

Z geomorfologického hľadiska je súčasťou masívu Malých Karpát. Z geomorfologického hľadiska záujmové územie patrí do oblasti Záhorskej nížiny, celku Chvojnickej pahorkatiny a podcelku Senickej pahorkatiny. Zo severnej, SZ a SV strany je ohraničené Unínskou pahorkatinou, z východnej strany myjavskou pahorkatinou,

---

<sup>1</sup> RNDr. Jozef Viskup, CSc., Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, e.mai: [viskup@nic.fns.uniba.sk](mailto:viskup@nic.fns.uniba.sk)

z južnej strany je ohraničené podmalokarpatskou zníženinou a z juhovýchodnej strany Myjavskou nivou.

Záujmové územie je súčasťou vnútroalpskej Viedenskej panvy – budované neogénnymi sedimentmi, prekryté kvartérom.

Senická pahorkatina tvorí rovinný, mierne až stredne zvlnený reliéf s amplitúdou medzi 0 – 150 m a stredným uhlom sklonu pod 6°, nadmorská výška sa mení medzi 250 – 300 m. Pahorkatinu charakterizujú široké chrbty a rozvetvené úvalinové doliny.



**Obr. 1** Vodná nádrž Jablonica

### ***Seizmotektonické pomery***

Senická pahorkatina je súčasťou Chvojnickej pahorkatiny (Baňacký, 1996; Salaj, 1987) a táto je súčasťou Viedenskej panvy. Sedimenty vyplňajúce Viedenskú panvu sú porušené zlomami, ktoré vznikali resp. boli aktívne aj počas neogénu. Analýza krehkých deformácií umožnila rozlíšiť zlomy, ktoré vznikli alebo sa reaktivovali v troch paleostresových poliach.

Najstaršie sú spodnomiocénne zlomy, ktoré vznikali, alebo sa reaktivovali v paleostresovom poli s kompresiou v smere sz.- jv. (podľa dnešných koordinát). V takomto stresovom poli boli aktívne poklesové zlomy sz. - jv. smeru, strižné pravé zjz. - vsv. smeru a strižné ľavé zlomy s.- j. smeru.

Lokalitou Senica cez plánovanú trasu cesty prechádza mikulášsko-brezovský zlom SV - JZ smeru. V blízkosti prechádza seizmoaktívny Záhorsko-Humenský zlomový systém (Procházková, 1988) sz. –jv. smeru. Marko a Kováč (1995, 1996) vyčleňujú seizmoaktívny zlomový systém sz. – jv. smeru, ktorý sa ťahne v blízkosti Senice a odčleňuje bradlové pásmo a vonkajšie flyšové pásmo. V blízkosti Senice ďalej prechádza dubnický zlom taktiež sv. – jz. smeru. V blízkosti Senice cez Myjavu sa nachádza farský zlom, v neskorších prácach ho Kováč M., Marko F., Kováč P. (1996) nazývajú myjavský zlom.

Kolmo na tieto zlomy prechádza týmto územím ľudinsky (dobrovodský) zlomový systém., ktorý sa ťahne z Moravy až po Štúrovo.

Naprieč Malými Karpatmi prechádza malokarpatský zlom SV - JZ smeru, ktorý sa v severnej časti nazýva smolenický zlom. Uvedené zlomy sú na Obr. 2.

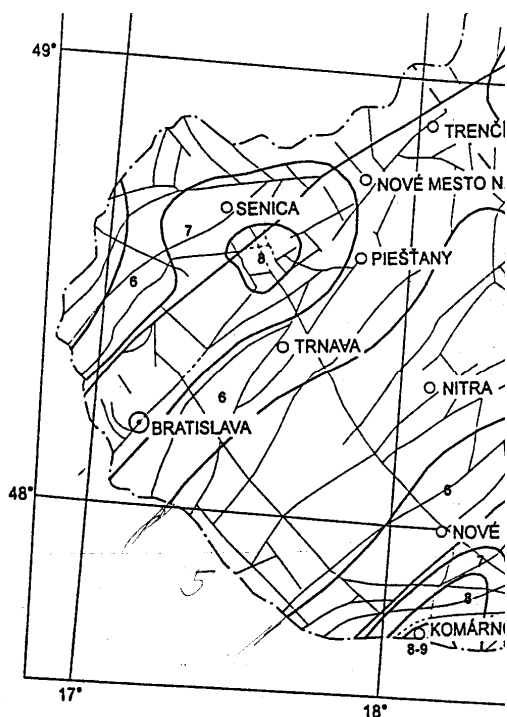
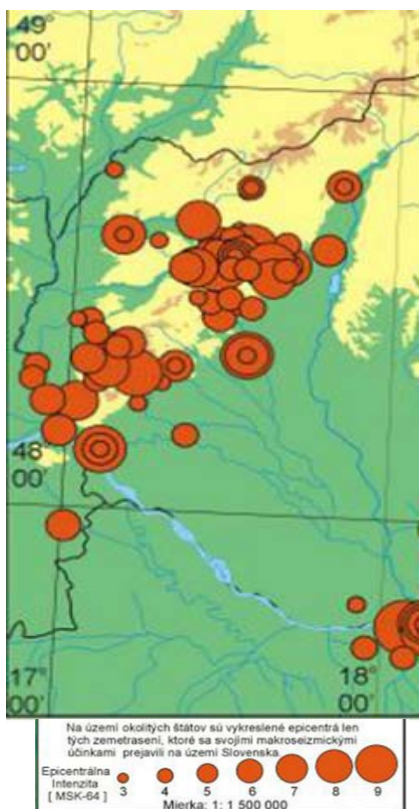
Výskyt zemetrasenia možno očakávať v ktorejkoľvek časti zlomu, teda aj priamo v Jablonici. Lokalita Jablonica môže byť postihnutá priamo účinkami zemetrasenia vzniknutého na plavecko-dobrovodskom zlome, mikulášsko-brezovskom, smolenickom zlome, skalickom, mikulášsko-brezovskom a dubnickom zlome, záhorskó-humenskom zlomovom systéme. alebo zo zlomov zo širšieho okolia a i.



máp izoseist a typických izoseist pre oblasť Senica 7°MSK-64 stupnice, pre oblasť Jablonica 8°MSK-64, túto hodnotu uvádzajú aj na mape zobecnených maximálnych intenzít v ČSR.

Schenk, Mantlík (1985) uvádzajú maximálnu očakávanú makroseizmickú intenzitu pre oblasť Jablonica 8°MSK-64, Procházková, Brouček (1986) uvádzajú na oboch mapách najväčších očakávaných makroseizmických intenzít v Československu (2 varianty) pre oblasť pre oblasť Jablonica 8°MSK-64, Procházková, Schenk (1986) uvádzajú na 2 mapách očakávaných a najväčších makroseizmických intenzít na území ČSSR pre oblasť Jablonica 8°MSK-64, Brouček, Kárník, Procházková, Schenk, Schenková (1987) na základe výsledkov seizmického rajónovania uvádzajú očakávanú v oblasti Jablonice uvádzajú 8°MSK-64. Tento údaj bol aj uvedený v návrhu ČSN 73 0036 z r.1987 a jej neskorších upravovaných návrhoch.

### Ohniská zemetrasení



**Obr. 3** Ohniská zemetrasení v širšom okolí Vodnej nádrže Jablonica

**Obr. 4** Seizmotektonická mapa Slovenska v oblasti Malých Karpát (upravené podľa STN 73 0036)

**Tab. 1** Ohniská zemetrasení v okolí VN Jablonica v r.1967-2006

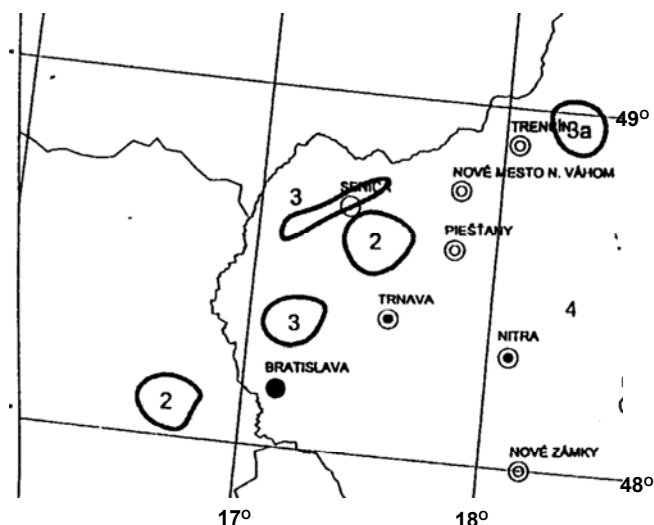
Rok	Mesiac	Deň	$\lambda$	$\Phi$	h	M	$\Delta$
1805			48.60	17.65		3.5, $I_0 = 5$	15
1815			48.60	17.65		2.9, $I_0 = 4$	15
1815	06	15	48.60	17.67			16.5
1842	01	01	48.62	17.72		2.9, $I_0 = 4$	16.8
1852	11	15	48.66	17.17		3.9, $I_0 = 5.5$	21.4
1865	11	15	48.66	17.17			21.4
1894	03	04	48.60	17.54		$I_0 = 3$	7
1904	04	19	48.60	17.54		2.0, $I_0 = 3$	7
1904	04	20	48.61	17.42		4.2, $I_0 = 7$	2.3
1906	01	09	48.59	17.46		5.6, $I_0 = 8$	1.4
1906	01	10	48.62	17.44		3.5, $I_0 = 5$	2.5
1906	01	10	48.62	17.72		2.2, $I_0 = 3$	20.34
1906	01	10	48.62	17.44		2.9, $I_0 = 4$	2.5
1906	01	15	48.60	17.54		2.9, $I_0 = 4$	7
1906	01	16	48.60	17.54	8	5.3, $I_0 = 7.5$	7
1906	02	04	48.60	17.54		2.5, $I_0 = 3.5$	7
1906	02	12	48.60	17.54		2.9, $I_0 = 4$	7
1906	03	09	48.60	17.54		3.5, $I_0 = 5$	7
1906	03	24	48.62	17.44		2.9, $I_0 = 4$	2.5
1906	03	31	48.60	17.54		2.9, $I_0 = 4$	7
1930	03	05	48.59	17.64		4.7, $I_0 = 7$	14.3
1930	05	23	48.59	17.64		4.7, $I_0 = 7$	14.3
1967	06	17	48.59	17.28		3.5, $I_0 = 5$	12.2
1967	12	03	48.57	17.39		4.2, $I_0 = 6$	5.1
1973	10	28	48.42	17.08	2	neurčené	33.4
1974	12	09	48.17	16.86	10	neurčené	62
1975	09	11	48.58	17.46		neurčené	2.3
1976	08	24	48.59	17.34	33	3.5, $I_0 = 5$	7.8
1977	04	11	48.53	17.53		3.2, $I_0 = 4.5$	9.8
1980	03	21	48.54	17.32		2.5, $I_0 = 3.5$	11.2
2000	05	28	48.54	17.44	5	2.80	6.4
2003	09	19	48.55	17.55	10	3.0	9.4

V uvedenej tabuľke je  $\lambda$  zemepisná šírka a  $\phi$  zemepisná dĺžka, M – magnitúdo, h – hĺbka ohniska,  $\Delta$  – vzdialenosť od VN Jablonice (48.597841°N, 17.445388°E)

### Spektrá Seizmickej odozvy

#### Zdrojové oblasti seizmického rizika

V zmysle STN 73 0036 „Seizmické zaťaženie stavieb“, majú na Vodnú nádrž Jablonica vplyv nasledujúce 3 zdrojové oblasti seizmického rizika (obr.5)



**Obr. 5** Zdrojové oblasti seizmického rizika pre Vodnú nádrž Jablonica

- 1 - Dobrá Voda – seizmická oblasť 2,  $a_r = 0.1g$
- 2 - Šaštín – seizmická oblasť 3,  $a_r = 0.06g$
- 3 - Pernek – seizmická oblasť 3,  $a_r = 0.06g$
- 4 - Wien - Wiener Neustadt – seizmická oblasť 2,  $a_r = 0.1g$

Konštatujeme, že zdrojová oblasť seizmického rizika Dobrá Voda je dominantná so svojimi účinkami na prejavy seizmicity v Vodnej nádrži Jablonica.

### ***Kategorizácia podložia***

Najpodstatnejší parameter pri posudzovaní seizmicity je kategorizácia podložia. V STN 73 0036, str.18 sa uvádza, že kategóriu podložia B tvoria vrstvy uľahých pieskov, štrkov alebo stredne tuhých ílov charakterizované rýchlosťou šmykových vln vs od  $250 \text{ m.s}^{-1}$  do  $400 \text{ m.s}^{-1}$  v hĺbke 10 m a rastúcou na  $350 \text{ m.s}^{-1}$  až  $800 \text{ m.s}^{-1}$  v hĺbke 50 m. Kategóriu C tvoria vrstvy zemín charakterizované rýchlosťou priečných vln vs od  $180\text{-}250 \text{ m.s}^{-1}$  do  $250 \text{ m.s}^{-1}$  v horných 20 m. Vrstvu kategórie D tvoria zeminy s rýchlosťou nižšou ako  $180 \text{ m.s}^{-1}$ .

V archíve Geofondu sme preštudovali celý komplex vrtných prác s cieľom zistiť geologickú stavbu skúmanej oblasti.

Pre názornosť uvádzame údaje zo správy Kertésza (1988) o vyhodnotení hydrogeologického prieskumu vykonaného v lokalite Jablonica medzi železnicou a cestou do Senice. Jadrový vrt č.1: íly: 1.5 – 2.3 m, 4.60-5.5 m, 5.75 – 5.80 m, 9.00 – 10.30, 13.0 – 15.0.

Jadrový vrt č.2: íly: 3.70 – 15 m

Jadrový vrt č.3: íly: 1.10 -3.75, 5.5 – 16.0

Jadrový vrt HGBP1: íly: 1.30 – 10.0 m

Jadrový vrt HGBP2: íly: 2.30 – 10.0 m

Jadrový vrt HGBP3: íly: 1.30 – 10.0 m

Jadrový vrt HGBP4: íly: 1.70 – 10.0 m

Ďalej uvádzame údaj zo správy Jendraššáka (1979), v ktorej vyhodnocuje hydrogeologický prieskumný vrtu J - 2 v tejto oblasti, vykonaný pre elektrifikáciu železnice v Jablonici. Autor konštatuje výskyt ílov v hĺbke 11.00 – 25 m. Podobné konštatovania sú i v prácach Šikulu (1991), Kováča (1984) a ďalších.

V rámci výskumných úloh sme v minulosti vykonali celý rad meraní s cieľom zistiť rýchlosti šírenia priečných vĺn na území Bratislavy i Slovenska. V íloch sme nezískali hodnoty rýchlosti, ktoré by umožnili zaradiť íly do kategórie podložia B, získané hodnoty rýchlosti šírenia priečného vlnenia umožňujú íly zaradiť do kategórie podložia D, výnimočne C. Potvrdzujú to i údaje získané porovnávaním hodnôt rýchlosti šírenia priečných vĺn v publikovanej domácej i zahraničnej literatúre. V prípade výskytu seizmickej udalosti sú z hľadiska zraniteľnosti súdržné zeminy - íly najzraniteľnejšie. Zraniteľné sú tiež piesky, nakoľko pri ich určitej mocnosti a hodnote zrýchlenia, dochádza k ich stekutiu.

Na základe horeuvedeného a údajov uvedených v rôznych publikovaných citovaných správach, z prác citovaných v literatúre k tomuto posudku, ako i vlastnej databázy údajov o rýchlostiach priečných vĺn (citovaných v literatúre). možno v zmysle STN 73 0036 podlozie v lokalite Vodná nádrž Jablonica zaradiť do kategórie D.

#### ***Základné seizmické zrýchlenie***

Na základe kategorizácie pôd pre epicentrálnu oblasť prislúchajú teda nasledujúce hodnoty základného seizmického zrýchlenia:

Dobrá Voda – seizmická oblasť 2,  $a_r = 0.1g$

Šaštín – seizmická oblasť 3,  $a_r = 0.06g$

Pernek – seizmická oblasť 3,  $a_r = 0.06g$

Wien - Wiener Neustadt – seizmická oblasť 2,  $a_r = 0.1g$

Ako už bolo konštatované v 3.1, zdrojová oblasť seizmického rizika Dobrá Voda je dominantná so svojimi účinkami na prejavy seizmicity v lokalite Vodnej nádrže Jablonica.

#### ***Návrhové seizmické zrýchlenie***

Záujmová lokalita Vodnej nádrže Jablonica sa nachádza priamo v epicentrálnej oblasti v zdrojovej oblasti seizmického rizika 2, preto treba pre stanovenie návrhového seizmického zrýchlenia postupovať v zmysle normy STN 73 0036, čl.4.1.2.4, pre kategóriu podložia D. Vypočítané hodnoty návrhového seizmického zrýchlenia pre Vodnú nádrž Jablonica od jednotlivých zdrojových oblastí seizmického rizika (seizmogénnych zón) sú nasledujúce: Dobrá Voda – seizmická oblasť 2,  $a_g = 0.15g$

Šaštín – seizmická oblasť 3,  $a_g = 0.045g$

Pernek – seizmická oblasť 3,  $a_g = 0.0414g$

Wien - Wiener Neustadt – seizmická oblasť 2,  $a_g = 0.01875g$

Z uvedeného vyplýva, že najväčší význam pre danú lokalitu má seizmická oblasť zdrojového rizika Dobrá Voda.

Návrhové seizmické zrýchlenie pre Vodnú nádrž Jablonica je

$$a_g = 0.15g = 1.5 \text{ m.s}^{-2}.$$

Vo výpočtoch návrhového seizmického zrýchlenia  $a_g$  bola uvažovaná najnepriaznivejšia kategória podložia – D.

#### ***Normové spektrá seizmickej odozvy***

Návrhové seizmické zrýchlenie je  $a_g = 0.15 g = 1.5 \text{ m.s}^{-2}$ .

Normová hodnota spektrálneho zrýchlenia pri nulovej perióde je

Zrýchlenie pri nulovej perióde (zero period acceleration) je

$$\text{ZPA} = 0.135 g = 1.35 \text{ m.s}^{-2}.$$

Normová hodnota maximálneho spektra seizmickej odozvy je

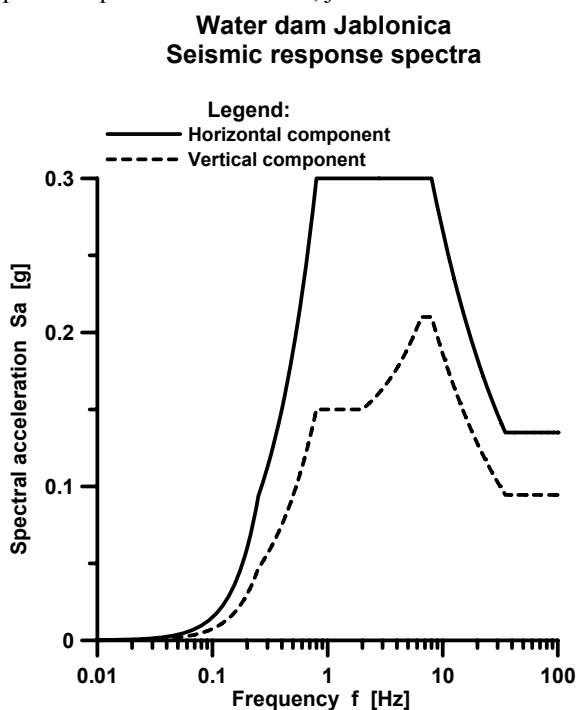
$$S_a(\text{max}) = 0.3g = 3.0 \text{ m.s}^{-2}.$$

Kontrolné periódy  $T_A = 0.029 \text{ sec}$ ,  $T_B = 0.125 \text{ sec}$ ,  $T_C = 1.25 \text{ sec}$ ,  $T_D = 4.0 \text{ sec}$ .

Špičková hodnota seizmického pohybu na povrchu terénu voľného poľa je

$$d_g = 0.3375 \text{ m} = 33.75 \text{ cm}.$$

Graficky znázornené normové spektrum seizmickej hodnoty pre lokalitu Vodná nádrž Jablonica, vypočítané podľa STN 73 0036, je na obr. č. 6.



**Obr. 6** Normové spektrum pre lokalitu Vodná nádrž Jablonica



## Záver

Ako vyplýva z geologických správ k uvedenej lokalite, ktoré sa podarilo získať v Geofonde, Vodná nádrž Jablonica bola projektovaná pre oblasť 6°MCS (Banič, 1971, str.4), nakoľko autori správy uvádzajú tento stupeň seizmicity. Hodnote 6°MCS v zmysle vtedy platnej normy ČSN 73 0036 zodpovedá základný seizmický súčiniteľ  $K = 0.025$ . Súčiniteľu  $K$  zodpovedá základné seizmické zrýchlenie  $a_r$ , pre Vodnú nádrž Jablonica je avšak hodnota  $a_r$  4x vyššia, než hodnota  $K$ . Z uvedeného vyplýva, že Vodná nádrž Jablonica v súčasnosti nespĺňa požiadavky kladené na seizmickú bezpečnosť. Navyše, táto je postavená priamo v zdrojovej oblasti seizmického rizika Dobrá Voda a ako vyplýva z Tab.1, najbližšie zemetrasenia mali epicentrá vo vzdialenosti 1.4 km a 2.5 km od vodnej nádrže. Nevýhoda je tá, že po zániku Poľnohospodárskeho projektového ústavu v Bratislave, ktorý projektoval túto nádrž, nie je k dispozícii dokumentácia o statických výpočtoch týkajúcich sa tejto nádrže a to isté platí aj o nádržiach projektovaných Hydrokonzultom Bratislava, ktorý viac menej taktiež zanikol.

*Úloha vznikla a bola riešená v rámci grantovej úlohy I/4041/07.*

## Literatúra

- [1] STN 73 0036 *Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií*. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava, 1997, 68s.
- [2] BAŇACKÝ, V. *Vysvetlivky ku geologickej mape chvojnickej pahorkatiny a severnej časti borskej nížiny*. Vydavateľstvo D. Štúra, Bratislava, 1996, 145 s.
- [3] BANIČ, J. *Doplňujúci inžiniersko-geologický prieskum pre nádrž na Zrúbanskom potoku – Jablonica*. Pôdohospodársky projektový ústav, Bratislava, 1971.
- [4] HRAŠNA, M. The New Map of Seismic Zonation of Slovak Republic. *Acta Geologica Universitatis Comenianae*. 1997, Nr.52, pp.55-57.
- [5] JENDRAŠŠÁK, E. *Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu J-2 pre elektrifikáciu železnice v Jablonici*. 1979, 7 s.
- [6] KÁRNÍK, V., MICHAL, E. & MOLNÁR, A. Katalog zemětřesení na území ČSR. *Geofyzikální sborník*, 1957, No 61 – 71, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 411 – 598 s.
- [7] KÁRNÍK, V., PROCHÁZKOVÁ, D., SCHENK, V. & SCHENKOVÁ, Z. Seismicity of Czechoslovakia and Europe. In: *Geophysical Synthesis in Czechoslovakia*, Bratislava, 1981, pp. 221-242.
- [8] KERTÉSZ, A. *Breziny – hydrogeologický prieskum, vyhodnotenie vrtov*. Stredisko geologického prieskumu, Š.M. n.p. Lieskov, 1988, 10 s.
- [9] KOVÁČ, M. *Stratigrafia a vzťah neogénnej výplne jablonickej kotliny k ďalším priestorom severnej časti Malých Karpát*. Geologický ústav SAV, Bratislava, 1984, 121 s.
- [10] MARKO, F. & KOVÁČ, P., 1995. Mapa hlavných zlomových línií širšieho regiónu Západných Karpát. In: HRUŠECKÝ, I. et al. *Western Carpathians -*

*Favourable Structural-tectonic Features from View Point of the Hydrocarbon Exploration.* Study for Slov.Min. of Envir. Geofond, Bratislava, 1996, 90 s.

- [11] MARKO, F. & KOVÁČ, P. Map of Important Faults Affecting the Western Carpathians and Surrounding Area. In *Západné Karpaty - priaznivé prvky štruktúrno-tektonickej stavby z hľadiska vyhľadávania uhl'ovodíkov*. Zodp. rieš. HRUŠECKÝ, I., VVNP SPP Bratislava, 1996, Manuscript, 90 s.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D. Zemětřesení v ČSSR. s. 49-65. In *Předpoěd' účinků zemětřesení na významných lokalitách v Československu*. Katedra geofyziky a meteorologie UK, Praha, 1985, 395 s.
- [13] PROCHÁZKOVÁ, D. & BROUČEK, I., 1983. *Mapa maximálnych intenzít v ČSSR a Zobecnená mapa maximálnych intenzít v ČSR*. In: Procházková (1985).
- [14] PROCHÁZKOVÁ, D. & BROUČEK, I. *Map of the Largest Earthquake Intensities on the Territory of Czechoslovakia*. Geoph. Inst. of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 186, Vol.16, pp.25-32
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. & SCHENK, V. Makroseismické pole a hlavní strukturní směry. s. 205-213. In *Geofyzikální model litosféry*. Geof. ústav ČSAV Praha., 1986, 406 s.
- [16] SALAJ, J. *Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát*. GÚDŠ, Bratislava, 1987, 183 s.
- [17] SCHENK, V. & MANTLÍK, F. *Map of Maximum Expected Macroseismic Intensity in Czechoslovakia*. Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, 1985, pp.440 - 445
- [18] ŠIKULA, G. *Jablonica – ČOV a kanalizácia*. Geologická správa. GEOHYCO , Bratislava, 1991, 26 s.
- [19] VISKUP, J. Očakávané magnitúda a intenzity zemetrasení vypočítané na podklade seizmotektonickej mapy Slovenska a STN 73 0036. In *Geológia a životné prostredie*. Geologická služba SR, Bratislava, 1998, 112 – 114 s.
- [20] VISKUP, J. Očakávané makroseismické intenzity zemetrasenia stanovené na základe seizmotektonickej mapy Slovenska a STN 73 0036. In *Současné směry v seizmologii a inženýrske geofyzice*. Ústav geoniky, AV ČR, Ostrava, 1998, 20 – 29 s.
- [21] VISKUP, J. Magnitudes and Intensity of Potential Earthquakes Established on the Base of the New Seismotectonic Map of Slovakia. *Contribution to Geophysics & Geodesy*, Geophysical Institute, Slovak Academy of Science, Vol.29, No.2, 1999, 134 s.
- [22] VISKUP, J. Expected Magnitudes and Intensities of the Earthquakes Established on the Basis of the New Seismotectonic Map of Slovakia. In *Seismotectonic seminar*. Geocenter Vienna. 1999, Institute of Geophysics, University of Vienna, Abstract.

**Oponentní posudek vypracoval:**

**Doc. Ing. Vlastimil Salajka, CSc., Vysoké učení technické v Brně, FAST**